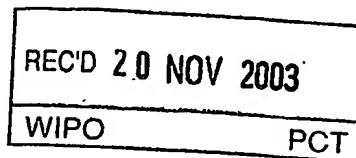


PCT/EP 03 / 1 2 0 5 0  
**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 60 399.5

**Anmeldetag:** 21. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** Wieland-Werke AG,  
Ulm/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur rationellen Fertigung von U-förmig  
gebogenen Wärmetauscherrohren

**IPC:** B 21 C, B 21 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

F. 0051

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

### **P a t e n t a n s p r ü c h e**

1. Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren (20) aus einem Nichteisenmetall im unmittelbaren Anschluss an eine Rohrfertigungslinie mit den aufeinanderfolgenden Schritten:
  - a) Abspulen des Rohrziehgutes (1) aus einer Korbhaspel (2),
  - b) Richten des Rohrziehgutes (1),
  - c) Glühen und nachfolgendes Kühlen des Rohrziehgutes (1) vor oder nach einem Ablängen zur Vereinzelung in Rohrabschnitte (10) auf die Ausgangslänge für ein U-förmig gebogenes Rohr (20),
  - d) Biegen der Rohrabschnitte (10) in U-Form.
2. Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem der Schritte a) bis c) das Rohrziehgut (1) oder die Rohrabschnitte (10) einer Qualitätskontrolle unterzogen werden.
3. Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohrziehgut (1) mit Schutzgas gespült wird.

4. Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, dass das Schutzgas gegen die Abspulrichtung des Rohrziehgutes (1) strömt.
5. Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach einem der Ansprüche 2 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Ablängen zur Vereinzelung die Rohrabschnitte (10) nach der Qualitätskontrolle fehlerhafte Rohrabschnitt aussortiert werden.
6. Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Ablängen zur Vereinzelung die Rohrabschnitte (10) einer Innen- und/oder Außenreinigung unterzogen werden.
7. Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass entweder das Rohrziehgut (1) im Durchlaufbetrieb geblüht wird oder die vereinzelteten Rohrabschnitte (10) im Batchbetrieb geblüht werden.
8. Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Richten und vor dem Prüfen das Rohrziehgut (1) einem Berippungsprozess unterzogen wird.
9. Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Glühen des Rohrziehgutes (1) vor einem Ablängen zur Vereinzelung in Rohrabschnitte (10) das Rohrziehgut (1) in einer Korbhaspel abgelegt wird und an einer Einfach- oder Mehrfachbiegevorrichtung (21) weiterverarbeitet wird.

10. Fertigungslinie zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren aus einem Nichteisenmetall im unmittelbaren Anschluss an eine Rohrfertigungslinie, bestehend aus:
  - a) einer Korbhaspel mit Abspulvorrichtung (2) für ein Rohrziehgut (1),
  - b) Richtvorrichtung für das abgespulte Rohrziehgut (1) und Prüfvorrichtung (3),
  - c) Glüh- (4) und nachfolgende Kühlvorrichtung (5) für das Rohrziehgut (1) vor oder nach einer Trennvorrichtung (11) zur Vereinzelung in Rohrabschnitte auf die Ausgangslänge oder ein Vielfaches der Ausgangslänge für ein U-förmig gebogenes Rohr (20),
  - d) Biegevorrichtung (21) für die Rohrabschnitte in U-Form.
11. Fertigungslinie zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zum Spülen des Rohrziehguts (1) eine Schutzgasspülvorrichtung (7) an einem rohrseitigen Ende angeordnet ist sowie eine Absaugvorrichtung (8) am anderen Ende.
12. Fertigungslinie zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Trennvorrichtung (11) eine Sortiervorrichtung (12) für unterschiedliche Längen der Rohrabschnitte (10) folgt.
13. Fertigungslinie zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach Anspruch 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Trennvorrichtung (11) oder gegebenenfalls der Sortiervorrichtung (12) eine Reinigungsvorrichtung (13) nachgeschaltet ist, um die Rohrabschnitte (10) einer Innen- und/oder Außenreinigung zu unterziehen.
14. Fertigungslinie zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach Anspruch 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Glühvorrichtung (4) für das Rohrziehgut (1) im Durchlaufbetrieb oder für die vereinzelter Rohrabschnitte (10) im Batchbetrieb ein Induktions-, Strahlungs- oder Konvektionsofen ist.

15. Fertigungslinie zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren nach Anspruch 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Richtvorrichtung (3) eine Beripungsvorrichtung (9) für das Rohrziehgut (1) nachfolgt.
16. Verwendung der U-förmig gebogenen Rohre (20) für Wärmetauscher.

## **B e s c h r e i b u n g**

### **Verfahren zur rationellen Fertigung von U-förmig gebogenen Wärmetauscherrohren**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren aus einem Nichteisenmetall im unmittelbaren Anschluss an eine Rohrfertigungslinie. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Fertigungslinie zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren.

Zur Klimatisierung von Gebäuden, aber auch zur Erzeugung von Kälte im gewerblichen Bereich (z.B. Kühlräume, Lagerhäuser) muss kalte Luft bereitgestellt werden. Hierfür werden meist Kreisprozesse verwendet. Man unterscheidet Kompressions- und Absorptionsprozesse. Zur Erzeugung von kalter Luft werden Lamellenwärmetauscher verwendet, in denen Luft durch einen kalten Wärmeträger oder durch ein direkt verdampfendes Kältemittel abgekühlt wird. In luftgekühlten Kälte/Klimaanlagen wird die entstehende Abwärme in einem Kondensator oder einem Rückkühler an die Umgebungsluft abgeführt. Beide Wärmetauscherarten werden typischerweise als Lamellenapparate ausgeführt. Diese bestehen aus Lamellenpaketen, die auf Kupferrohre aufgebracht wurden.

Je nach den thermo-hydraulischen Anforderungen werden die Lamellenapparate mit einem oder mehreren Rohrpässen ausgeführt. Während in Apparaten mit einem Pass in der Regel gerade Rohre verwendet werden, muß in mehrpassigen Ausführungen der Kältemittel- bzw. Wärmeträgerstrom umgelenkt und durch den Apparat zurückgeführt werden. Diese Umlenkungen können durch an den Rohrenden angebrachte Fittings (Bögen) oder durch U-förmig gebogene Rohre ausgeführt werden. Letzteres ist sehr kostengünstig und daher die technisch vorteilhafte Lösung.

Zur Herstellung der Lamellenpakete werden die meist in gespulter Form bezogenen dünnwandigen Rohre mit einer Wanddicke von nur einigen Zehntel Millimetern beim Wärmeaustauscherproduzenten abgespult, abgelängt und zu U-förmigen Rohren ("Haarnadeln") gebogen.

Biegemaschinen für U-Rohre ermöglichen das simultane Biegen von bis zu 8 Haarnadeln (oder mehr) gleichzeitig. Allerdings führt bei Mehrfach-Biegemaschinen das Auslaufen einer Spule zum Stillstand der gesamten Biegelinie. Die ausgegangene Spule muss dann durch eine neue ersetzt werden. Große Spulengewichte führen zu weniger Stops, sind jedoch in der Handhabung beim Transport und Spulenwechsel wesentlich aufwendiger. Viele Abspuleinrichtungen sind für größere Spulengewichte nicht ausgelegt. Zur Vermeidung von häufigen Spulenwechseln schreiben die Apparatersteller minimale Spulengewichte vor. Untergewichtige Spulen, die herstellungsbedingt beim Rohrhersteller anfallen, sind häufig nicht verkäuflich und müssen verschrottet werden.

Während des Abspulens werden die Rohre im Wechsel beschleunigt und abgebremst. Hierbei sind die dünnwandigen Rohre anfällig gegen Knicken. Bei ungebremsen Abspulern bilden sich mitunter Schlaufen, wodurch sich die gespulten Lagen "aufdröseln" können, was nach wenigen Umdrehungen zum Überlappen der Lagen mit Verknotungen und schließlich zum Rohrabriss führen kann.

Des Weiteren ist die Herstellung von Rohren aus Kupfer und Kupferlegierungen für die hier zu betrachtenden Anwendungsbereiche als Installationsrohre in der Haustechnik und insbesondere als Wärmetauscherrohre für die Klima- und Kältetechnik bekannt.

Beispielsweise wird ausgehend von im Blockguss oder im Strangguss gegossenen zylindrischen Brammen oder Bolzen das Strangpressen von Rohren und das Warmwalzen von Rohrluppen als heute übliches Verfahren der Warmformgebung für hohe Querschnittsreduktionen angewandt. In der nachfolgenden Fertigungsstufe werden

Kaltformverfahren wie das Gleitziehen mit Schlitten- oder Trommelziehmaschinen oder Rohrwalztechniken wie das Kaltpilgern eingesetzt.

Mit dem Planetenschrägwalzverfahren wird durch einen kontinuierlich ablaufenden Rohrwalzprozess eine Querschnittsreduktion der Rohrwandung bis über 90% in einem Stich erzielt. Die dabei entstehende Reibungswärme in der Umformzone führt zu einer Erhitzung des Materials bis in den Rekristallisationsbereich des Kupfers. Eine derartige Temperaturbehandlung hat unmittelbare Auswirkung auf die Weichheit des Materials um ein ausreichendes Formänderungsvermögen für die nachfolgenden Kaltziehstufen sicherzustellen. Um den enormen Temperaturanstieg zumindest teilweise zu unterdrücken schlägt die Druckschrift EP 1 232 808 A2 eine Kühleinrichtung für das Kaltwalzen vor.

In der Druckschrift EP 0 648 855 A1 wird beispielhaft ein Herstellverfahren für nahtlose Rohre aus Kupfer und Kupferlegierungen beschrieben, in dem gezielte Rekristallisationsprozesse in Bezug auf das Formänderungsvermögen eine besondere Rolle spielen. Das Verfahren beschreibt auch den üblichen Umgang mit halbfertigen Rohren, die im Anschluss an Formprozesse zu einem Coil (Spule) aufgewickelt werden. Der heutigen Fertigungspraxis von Wärmetauscherrohren aus Kupfer und Kupferlegierungen ist zu eigen, dass die Fertigabmessung überwiegend in mehrwindige Spulen mit engen Spulenradien und begrenztem Gewicht gewickelt und in blankgeglühtem weichem Zustand ausgeliefert wird, um an anderer Stelle wieder abgewickelt, gerichtet und abgelängt zu beispielsweise haarnadelförmig gebogenen Rohren für Lamellen-Wärmetauscher weiterverarbeitet zu werden.

Diese bisher übliche Wertschöpfungskette von der Rohrherstellung über die Fertigung von Wärmeaustauschern bis zur Montage kompletter Kälte/Klimaanlagen ist historisch gewachsen. Sie beruht darauf, dass Rohre gängige Halbzeugfabrikate sind, die von der Halbzeugindustrie hergestellt und an die Apparatehersteller geliefert werden. Da Rohrhersteller und Apparatebauer häufig räumlich weit getrennt sind, hat sich der Versand von gespulten Rohren, die nur wenig Transportvolumen benötigen,



herausgebildet.

Gerade die enge Wicklung der Rohrspulen schafft grundlegende Probleme im Umgang mit dem Werkstoff. Bei den üblichen Abmessungen der gespulten Ringe mit einem Durchmesser von 0,6 m und einem max. Spulenaußendurchmesser von etwa dem Doppelten werden die Rohre nach den mit der Korbentnahme und der Zuführung in den Spuler erfolgten Biegerichtvorgängen mit vom Rohraußendurchmesser abhängigen Dehnungen und Stauchungen von 1-3% einer erneuten Biegeumformung unterworfen. Das unter Längszugspannungen erfolgte Biegerichten zum wieder geraden Rohr führt zu einer Reduktion seines mittleren Außendurchmessers und das Einbiegen auf den Haspel zu einer Wanddickenabnahme im äußeren Dehnungs- und einer Wandungsaufdickung im inneren Stauchbereich sowie zu einer Abflachung und Ovalisierung seines Querschnitts. Weil die Spulengewichte begrenzt nur etwa ein Viertel bis max. ungefähr die Hälfte des Gesamtgewichtes der im Korb abgelegten Rohrerlänge ausmachen, fällt zudem häufig beträchtlicher Rohrabfall an.

Die Erweichung und Rekristallisation beim Blankglühen der hoch verfestigten und in eng gespulten Ringen vorliegenden Wärmetauscherrohre führt zudem zu einer Anpassung der Rohrquerschnitte an die geometrischen Zwangslagen der Spule und somit zu Formänderungen des Rohrquerschnitts und der Lagendurchmesser einzelner Windungen, insbesondere aber der äußeren Windungen.

Weitere Nachteile der Haarnadelfertigung von eng gespulten und weichen Rohren sind Oberflächenbeschädigungen, klemmende Windungen, die zu Einknickungen führen und ein hoher Schrottanfall durch nicht brauchbare Rohrenden am Spulenanfang und -ende.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereitzustellen, bei dem die genannten Nachteile einer Querschnittsverformung, Durchmesser- und Wanddickenänderung bei Wärmetauscherrohren behoben werden sowie eine Vorrichtung zur Herstellung von Wärmetauscherrohren anzugeben.

Die Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren aus einem Nichteisenmetall im unmittelbaren Anschluss an eine Rohrfertigungslinie gelöst durch die aufeinanderfolgenden Schritte:

- a) Abspulen des Rohrziehgutes aus einer Korbhaspel,
- b) Richten des Rohrziehgutes,
- c) Glühen und nachfolgendes Kühlen des Rohrziehgutes vor oder nach einem Ablängen zur Vereinzelung in Rohrabschnitte auf die Ausgangslänge für ein U-förmig gebogenes Rohr,
- d) Biegen der Rohrabschnitte in U-Form.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass sich an einen Rohrzug unmittelbar ein rationelles Fertigungsverfahren für Haarnadelrohre anschließen sollte. Hierzu sollten die Aufwendungen für den Transport und Handhabung des gespulten und relativ empfindlichen Halbzeugs möglichst gering gehalten werden. Zudem sollten die durch Abspul- und Biegeprobleme verursachten Qualitätseinbußen und die daraus resultierenden Beanstandungen seitens der Apparatehersteller von Wärmetauschern verringert werden, um eine höhere Kundenzufriedenheit zu erzielen. Damit die beschriebenen Fertigungsschritte bei den Herstellern von Lamellenwärmetauschern möglichst störungsfrei ablaufen, sollten die Rohre den engen technischen Spezifikationen im Hinblick auf Abmessungen, Exzentrizität, mechanische Kennwerte und Oberflächenzustand genügen. Gelegentlich verlangen die Apparatehersteller zusätzlich zu den Normen explizit, dass die Rohre biegsam und insbesondere aufweitbar sein müssen.

Das Verfahren ist dazu mit einer Fertigung von haarnadelförmig gebogenen Rohren für Lamellen-Wärmetauscher als letzten Fertigungsschritt in die Kupferrohrfertigung verlegt. Hierdurch wird die sonst übliche Halbzeugform „eng gespulter Ring“ umgangen. Das im vorletzten Fertigungsschritt in waagerechter Lage in großen oben offenen Rundbehältern abgelegte Rohrziehgut für Wärmetauscherrohre wird vorzugsweise direkt aus diesen sogenannten Körben über eine Richt- und Prüfstrecke einer induktiven Durchlaufglühe mit nachfolgender Kühlstrecke zugeführt und in rekristallisiertem

Zustand wieder in Körbe abgelegt, mit Maßnahmen, die den „weichen“ Zustand berücksichtigen. Alternativ wird das Rohrziehgut direkt als gestreckte Haarnadellängen vereinzelt und nach einer Gut-/Schlechtsortierung direkt der Haarnadelmaschine zugeführt. Die Weiterverarbeitung zu U-förmig gebogenen Haarnadelrohren mit vom Auftraggeber bestimmten U-Bogenradien und parallelen Schenkellängen erfolgt entweder mit schon abgelängten geraden Rohrabchnitten oder aber direkt aus zugleich mehreren Körben, deren Anzahl jener der Biegeköpfe der herkömmlichen industrieüblichen Mehrfach Haarnadelbiegemaschine entspricht, wobei die weichen Rohre auf dieser gerichtet, vereinzelt abgelängt, zu Haarnadeln gebogen und in Kisten gestapelt abgelegt werden.

In bevorzugter Ausführungsform wird in einem der Schritte a) bis c) das Rohrziehgut oder die Rohrabchnitte einer Qualitätskontrolle, insbesondere einer Prüfung auf Dichtheit, unterzogen. Bewährt hat sich die Wirbelstromprüfung, mit der feinste Inhomogenitäten an der äußeren Rohroberfläche sicher detektiert werden können. Die als fehlerhaft erkannten Bereiche werden kenntlich gemacht und ausgeschieden. Besonders vorteilhaft ist, wenn das Richten des Rohrziehgutes im Schritt b) mit der Dichtheitsprüfung kombiniert wird.

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal von Rohren ist deren Innenreinheit. Während das gerade Rohrziehgut die Glühzone eines Durchlaufofens durchläuft, wird in bevorzugter Ausführungsform das Rohrziehgut im Inneren auf ganzer Länge mit Schutzgas gespült, bevorzugt mit Stickstoff oder Stickstoff/Wasserstoff. Die geforderten geringen Rückstände einer Restkohlenstoffbelegung lassen sich bei der Herstellung von Kupferrohren durch die Verwendung spezieller Öle durch diesen Glühschritt erreichen, bei dem die in Gasphase gehenden Öldämpfe rückstandsfrei aus den Rohren transportiert werden. Insbesondere die Schmiermittelreste in den Rohren können so entfernt werden und damit nachteilige Wechselwirkungen mit den Arbeitsmitteln des Kältekreislaufs, wie beispielsweise die Zersetzung des Kältemittels, und Korrosionsschäden verhindern.

Vorteilhafterweise strömt hierbei das Schutzgas gegen die Abspulrichtung des Rohrziehgutes, um Verunreinigungen entgegen der Fertigungsrichtung aus dem Rohr zu transportieren. In der beheizten Zone der Glühöfen wird zusätzlich die Außenseite des Rohres mit Schutzgas beaufschlagt.

Vorteilhafterweise werden nach dem Ablängen zur Vereinzelung nach der Qualitätskontrolle die als fehlerhaft identifizierten Rohrabschnitte in einem möglichst frühzeitigen Fertigungsstadium aussortiert.

Die Reinheit der Rohroberfläche kann in manchen Fertigungsprozessschritten auch durch Verunreinigungen beeinträchtigt werden, die nicht durch einen Glühprozess beseitigt werden können. In bevorzugter Ausgestaltung werden nach dem Ablängen zur Vereinzelung die Rohrabschnitte einer Innen- und/oder Außenreinigung unterzogen. Zur Vereinzelung in Rohrabschnitte kommen Sägen oder auch spanfreies Trennen in Betracht. Insbesondere bei spanender Bearbeitung müssen durch den Reinigungsschritt Rückstände beseitigt werden.

Die vorzugsweise unter Schutzgasatmosphäre durchgeführte sogenannte Blankglühung dient dazu, die Rohre einer Rekristallisation zu unterziehen und wieder in ihrem "weichen" Zustand für eine Biegeumformung vorzubereiten. Das Rohrziehgut wird hierzu vorteilhafterweise entweder im Durchlaufbetrieb oder es werden die vereinzelt Rohabschnitte im Batchbetrieb geblüht.

Im Batchbetrieb wird das Material beispielsweise auf Transportgestellen angeordnet. Die vereinzelt Rohabschnitte werden der Reinigungsvorrichtung zugeführt und anschließend in einer Ablagevorrichtung abgelegt. Die Glühung erfolgt im Batchbetrieb in einer Glühvorrichtung unter Schutzgasatmosphäre, bevor die weichen Rohabschnitte der Biegevorrichtung zugeführt werden. Metallisch reine Röhrenoberflächen mit zulässig immer kleineren Kohlenstoff-Rückstandswerten sind eine immer häufiger erhobene Qualitätsanforderung an Wärmetauscherrohre.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird nach dem Richten und vor dem Prüfen das Rohrziehgut einem Berippungsprozess unterzogen. Hierbei müssen die Durchlaufgeschwindigkeiten der Berippungsanlage und des Glühvorganges regelungstechnisch aufeinander abgestimmt werden.

Im Hinblick auf eine rationelle Fertigung können auch Produktionsschritte dadurch optimiert werden, indem die zeitaufwendigen Schritte parallel arbeiten. Hierzu wird vorteilhafterweise bei einem Glühen des Rohrziehgutes vor einem Ablängen zur Vereinzelung in Rohrabschnitte das Rohrziehgut in einer Korbhaspel abgelegt und an einer Einfach- oder Mehrfachbiegevorrichtung parallel weiterverarbeitet. Besonderes Augenmerk muss bei der Ablage der kratz- und beschädigungsanfälligen weichgeglühten Rohre auf eine speziell hierfür geeignete Korbkonstruktion gelegt werden.

Die Aufgabe wird hinsichtlich der Vorrichtung durch eine Fertigungslinie zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren aus einem Nichteisenmetall im unmittelbaren Anschluss an eine Rohrfertigungslinie gelöst, die Folgendes umfasst:

- a) einer Korbhaspel mit Abspulvorrichtung für ein Rohrziehgut,
- b) Richtvorrichtung für das abgespulte Rohrziehgut und Prüfvorrichtung,
- c) Glüh- und nachfolgende Kühlvorrichtung für das Rohrziehgut vor oder nach einer Trennvorrichtung zur Vereinzelung in Rohrabschnitte auf die Ausgangslänge oder ein Vielfaches der Ausgangslänge für ein U-förmig gebogenes Rohr,
- d) Biegevorrichtung für die Rohrabschnitte in U-Form.

Die Fertigungslinie setzt sich aus den apparativen Ausstattungen zusammen, die zur Durchführung des Herstellungsverfahrens für Haarnadeln benötigt wird. Bei der Fertigungslinie handelt es sich um eine funktionale Einheit, die die eingangs beschriebenen Nachteile eng gespulter weicher Ringe überwinden soll. Dazu ist es nicht zwingend nötig, die einzelnen Apparaturen räumlich im Sinne eines Fließbandes aneinanderzureihen, sondern es ist auch vorstellbar gewisse Transportwege, beispielsweise in einer Fertigungshalle, zu akzeptieren und so zu gestalten, dass dabei dennoch die von der erfindungsgemäßen Lösung zugrundegelegten Vorteile erzielt

werden.

In bevorzugter Ausführungsform ist zum Spülen des Rohrziehgutes eine Schutzgas-spülvorrichtung an einem rohrseitigen Ende angeordnet sowie eine Absaugvorrichtung am anderen Ende.

Komplexe Fertigungslinien müssen dennoch schnell auf unterschiedliche Anforderungen anpassbar sein. Vorteilhafterweise folgt dazu der Trennvorrichtung eine Sortier-vorrichtung für unterschiedliche Längen der Rohrabschnitte. Die jeweiligen Längen können dann auch in kleineren Stückzahlen in der weiteren Fertigung auf verschiedenen Biegemaschinen zu Haarnadeln gefertigt werden. Nur mit einer ausreichenden Flexibilität kann dem Kundenwunsch zufriedenstellend entsprochen werden.

Vorteilhafterweise ist der Trennvorrichtung oder gegebenenfalls der Sortiervorrichtung eine Reinigungsvorrichtung nachgeschaltet, um die Rohrabschnitte einer Innen- und/oder Außenreinigung zu unterziehen.

In bevorzugter Ausführungsform ist die Glühvorrichtung für das Rohrziehgut im Durchlaufbetrieb oder für die vereinzelteten Rohrabschnitte im Batchbetrieb ein Induktions-, Strahlungs- oder Konvektionsofen.

Eine weitere fertigungstechnische Besonderheit ist vorteilhafterweise eine der Richtvorrichtung nachfolgende Berippungsvorrichtung für das Rohrziehgut. Durch die berippte Oberfläche wird der Wärmeübertrag eines Rohres weiter gesteigert.

Die U-förmig gebogenen Rohre eignen sich besonders für Wärmetauscher, insbesondere Lamellenwärmetauscher. Je nach Baugröße werden dazu ausgestanzte Lamellen auf die senkrecht angeordneten Haarnadeln aufgefädelt oder die Haarnadeln in die waagrecht liegenden Lamellenbündel eingeführt. Zur Verbindung der Kupferrohre mit den Lamellen werden die Rohre von innen aufgeweitet, um einen möglichst innigen, dauerhaften Kontakt sowie einen geringen Kontaktwiderstand zu

gewährleisten. Bei den derzeit verwendeten Aufweitverfahren, bei denen Rohre einseitig eingespannt und mit einem Dorn aufgeweitet werden, schrumpfen die Rohre bei konstantem Metergewicht in Längsrichtung. Danach werden die freien Rohrenden zur Aufnahme der Fittingsbögen leicht aufgeweitet. Schließlich werden die Fittingsbögen aufgesteckt und manuell oder automatisch verlötet. Nach der dann folgenden Montage der Verteiler- und Sammlerrohre werden die Apparate einer Dichtheitsprüfung unterzogen. Je nach Integrationsgrad der Fertigung werden diese Arbeitsschritte an entkoppelten Stationen oder komplett an einem Band durchgeführt. Manche Hersteller trennen die Herstellung der Rohrbögen von der Fertigung der Lamellenapparate.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass das ansonsten übliche Wickeln der kaltverfestigten Wärmetauscherrohre zu mehrlagigen, engradialen und im Gewicht beschränkten Spulen und das stapelweise Glühen dieser Spulen in einem Blankglühofen umgangen und damit auch die der Fachwelt bekannten Nachteile von enggewickelten Rohren wie Querschnittsformänderungen in Form einer Ovalisierung, Wanddickenänderungen, einer inhomogenen Spannungsverteilung sowie ein hoher Anfall von Abfalllängen verhindert wird.

Zudem gewährleistet eine effektive Innenspülung der Wärmetauscherrohre in Verbindung mit der Schutzgasatmosphäre im Blankglühprozess eine höhere Innenreinheit.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer schematischen Zeichnung näher erläutert.

Darin zeigen:

Fig. 1 eine Fertigungslinie mit Schutzgasspülvorrichtung,

Fig. 2 eine Fertigungslinie mit Einzelrohrwaschstraße

Fig. 3 eine Fertigungslinie mit Korb in Korb-Arbeitsweise

Fig. 4 eine Fertigungslinie mit Glühvorrichtung für Batchbetrieb

Fig. 5 eine Fertigungslinie mit unterschiedlichen Rohrabschnittlängen

Fig. 6 eine Fertigungslinie mit Berippungsvorrichtung

Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 ist die Fertigung von haarnadelförmig gebogenen Rohren für Lamellen-Wärmetauscher als letzten Fertigungsschritt in die Kupferrohrfertigung dargestellt. Das im vorletzten Fertigungsschritt in waagerechter Lage in großen oben offen Rundbehältern abgelegte Rohrziehgut 1 wird vorzugsweise direkt aus diesen Korbhaspeln 2 über eine Richt- und Prüfvorrichtung 3 einer induktiven Durchlaufglühe 4 mit nachfolgendem Kühlbad 5 zugeführt, dabei innen aus einer Schutzgasspülvorrichtung 7 mit Stickstoff oder Stickstoff/Wasserstoff gespült, der über eine Absaugvorrichtung 8 wieder entfernt wird. In rekristallisiertem weichen Zustand wird das Rohrziehgut 1 mit einer Transportvorrichtung 6 einer Trennvorrichtung 11 zugeführt und direkt zu einem vereinzelt Rohrabchnitt 10 abgelängt sowie nach einer anschließenden Gut-/Schlechtsortierung 12 zur Biegevorrichtung 21 weitertransportiert.

Die Weiterverarbeitung zu Haarnadelrohren 20 mit vom Auftraggeber bestimmten U-Bogenradien und parallelen Schenkellängen erfolgt bei dieser Ausgestaltung mit bereits abgelängten geraden Rohrabschnitten 10. Die weichen Rohre werden auf der Biegevorrichtung 21 nochmals gerichtet, zu Haarnadeln gebogen und mit einer weiteren Trennvorrichtung 22 auf Endmaß abgelängt. In einer Ablageeinheit 23 und einer Verpackungseinheit 24 werden die U-förmig gebogenen Rohre für den Transport vorbereitet.

Dieser Verfahrensablauf stellt eine auf hohe Innenreinheit abgestimmte Lösung dar, die im Anschluss an die Rohrfertigungslinie für die Herstellung nahtlos gezogener Rohre sowie auch für längsnaht geschweißte Wärmetauscherrohre Vorteile bietet.



Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist eine Fertigungslinie mit Einzelrohrwaschstraße 13 dargestellt, die die vereinzelt Rohrabchnitte 10 durchlaufen. Bei der dargestellten Lösung erfolgt die Reinigung der Innenoberflächen also an den schon weichen, abgelängten und sortierten gestreckten Rohrabchnitten 10 in einer den Haarnadelbiegemaschinen 21 vorgelagerten Wascheinrichtung. Mit dieser Verfahrensvariante können höchste, den Außenoberflächen entsprechende Reinheiten der Rohrinneoberflächen garantiert werden.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist die Fertigungslinie mit Korb in Korb-Arbeitsweise dargestellt. Dabei werden die blankgeglühten Rohre ebenfalls weich und trocken in die Korbhaspel 2 gelegt. Bekanntermaßen ist, wie auch schon oben ausgeführt, kaum eine Metalloberfläche so kratz- und beschädigungsanfällig wie die von weichen trockenen Kupferrohren. Deshalb wird in diesem Bearbeitungsschritt durch gezielte Führung der Windungen in den Korb oder eine spezielle Korbbaukonstruktion mit besonderer Sorgfalt mit den Rohren umgegangen. Das Einölen der Außenoberfläche oder die Verwendung von Puffer-/Zwischenlagen kann ebenso zu einer Kratzbeständigkeit führen.

Die bei dieser Variante verwendeten Biegevorrichtungen 21 für U-Rohre ermöglichen das simultane Biegen von bis zu 8 Haarnadeln oder mehr gleichzeitig. Die Maschine zieht die jeweils benötigte Rohrlänge des Rohrziehgutes 1 von den Spulen ab. Während des Biegens werden die Rohre gehalten. Im Bezug auf die Rohrbewegung ist das Biegen damit ein instationärer Prozess. Zum Schutz vor Einfallen der Rohre werden Biegedorne verwendet. Nach dem Biegen werden die als fehlerhaft ermittelten Rohre manuell oder auch automatisch ausgesondert.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 ist eine Fertigungslinie mit Glühvorrichtung für Batchbetrieb dargestellt. Die vereinzelt Rohrabchnitte 10 werden der Reinigungsvorrichtung 13 zugeführt und anschließend in einer Ablagevorrichtung 14 abgelegt. Die Glühung erfolgt im Batchbetrieb in einem Strahlungs- oder Konvektionsofen als

Glühvorrichtung 15, bevor die weichen Rohrabschnitte 10 der Biegevorrichtung 21 zugeführt werden.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 entspricht weitgehend der in Fig. 1 dargestellten Fertigungslinie mit unterschiedlichen Rohrabschnittslängen. Die einzelnen Rohrlängen werden in dieser Ausführungsform mit einer rotierenden mit Mehrfachschnidköpfen versehenen Trennvorrichtung 11 abgeschnitten.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 ist eine Fertigungslinie mit Berippungsvorrichtung dargestellt, bei der innerhalb der Linie beispielsweise ein Innenberippen der Wärmetauscherrohre erfolgt, wobei eine durchgehende Bohrung durch die Achse der Domstange, auf welcher alle radialsymmetrischen Berippungswerkzeuge angeordnet sind, den Durchlass des Spülgases gewährleistet. Hierbei müssen die Durchlaufgeschwindigkeiten der Berippungsanlage und der Durchlaufglühe regelungstechnisch aufeinander abgestimmt werden. Die blankgeglühten Rohre werden direkt nach der Durchlaufglühe auf die gestreckten Haarnadellängen getrennt und diese nach einer Gut-/Schlecht-Sortierung 12 als Einzellängen der Biegemaschine zugeführt. Das vorteilhafte dieser Lösung ist die kurze Rohrlänge nach der Glühstrecke, wodurch die vom Spülgas gelösten Reaktionsprodukte vollständig ausgeblasen und abgesaugt können, wodurch sich hohe Innenreinheiten der Haarnadeln ergeben.

## **Bezugszeichenliste**

- 1 Rohrziehgut
- 2 Korbhaspel mit Abspulvorrichtung
- 3 Richt- und Prüfvorrichtung
- 4 Durchlaufglühofen
- 5 Kühlbad
- 6 Transporteinrichtung
- 7 Schutzgasspülvorrichtung
- 8 Absaugvorrichtung
- 9 Berippungsvorrichtung
  
- 10 einzelner Rohrabschnitt
- 11 Trennvorrichtung zur Vereinzelung in Rohrabschnitte
- 12 Sortiervorrichtung
- 13 Reinigungsvorrichtung
- 14 Ablagevorrichtung
- 15 Glühvorrichtung
  
- 20 U-förmig gebogenes Rohr (Haarnadelrohr)
- 21 Biegevorrichtung
- 22 Trennvorrichtung für U-Rohre zum Ablängen auf Endmaß
- 23 Ablageeinheit
- 24 Verpackungseinheit

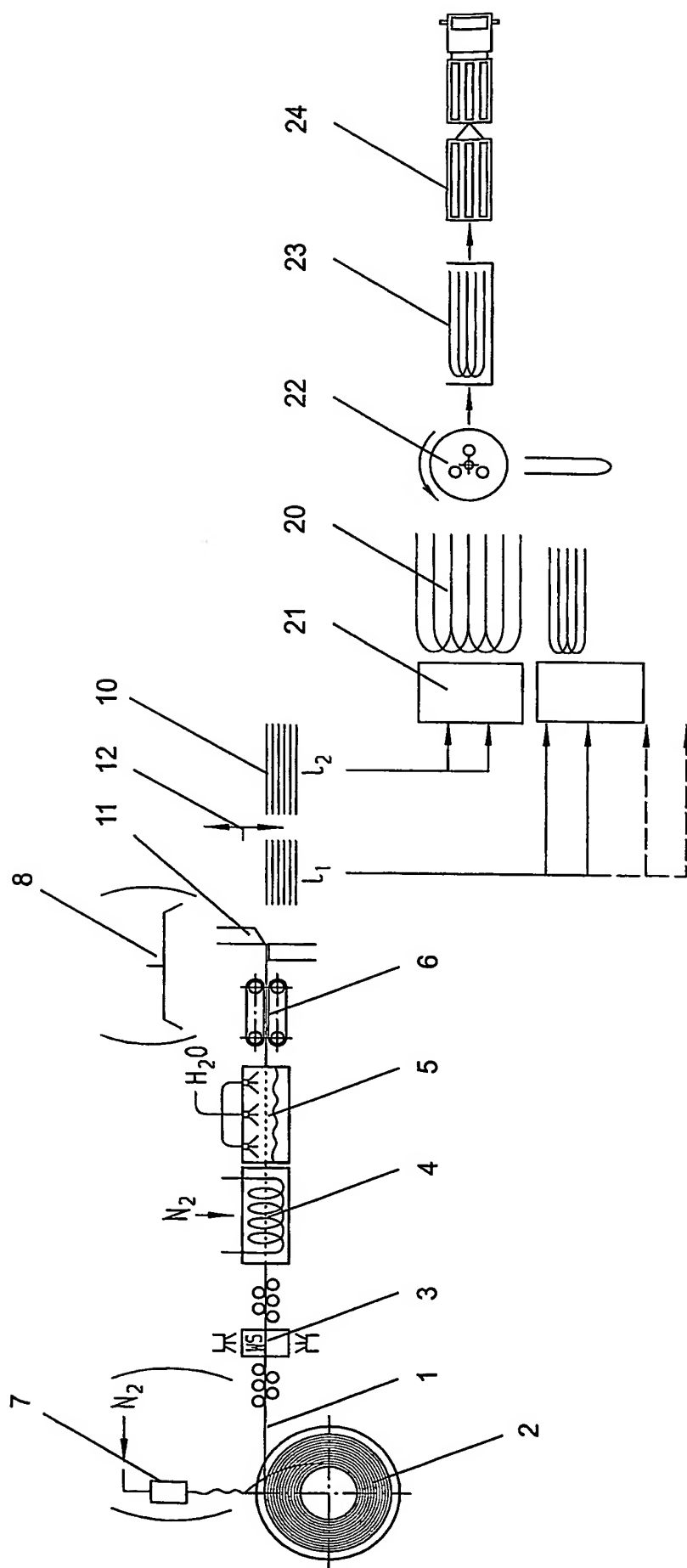


Fig. 1

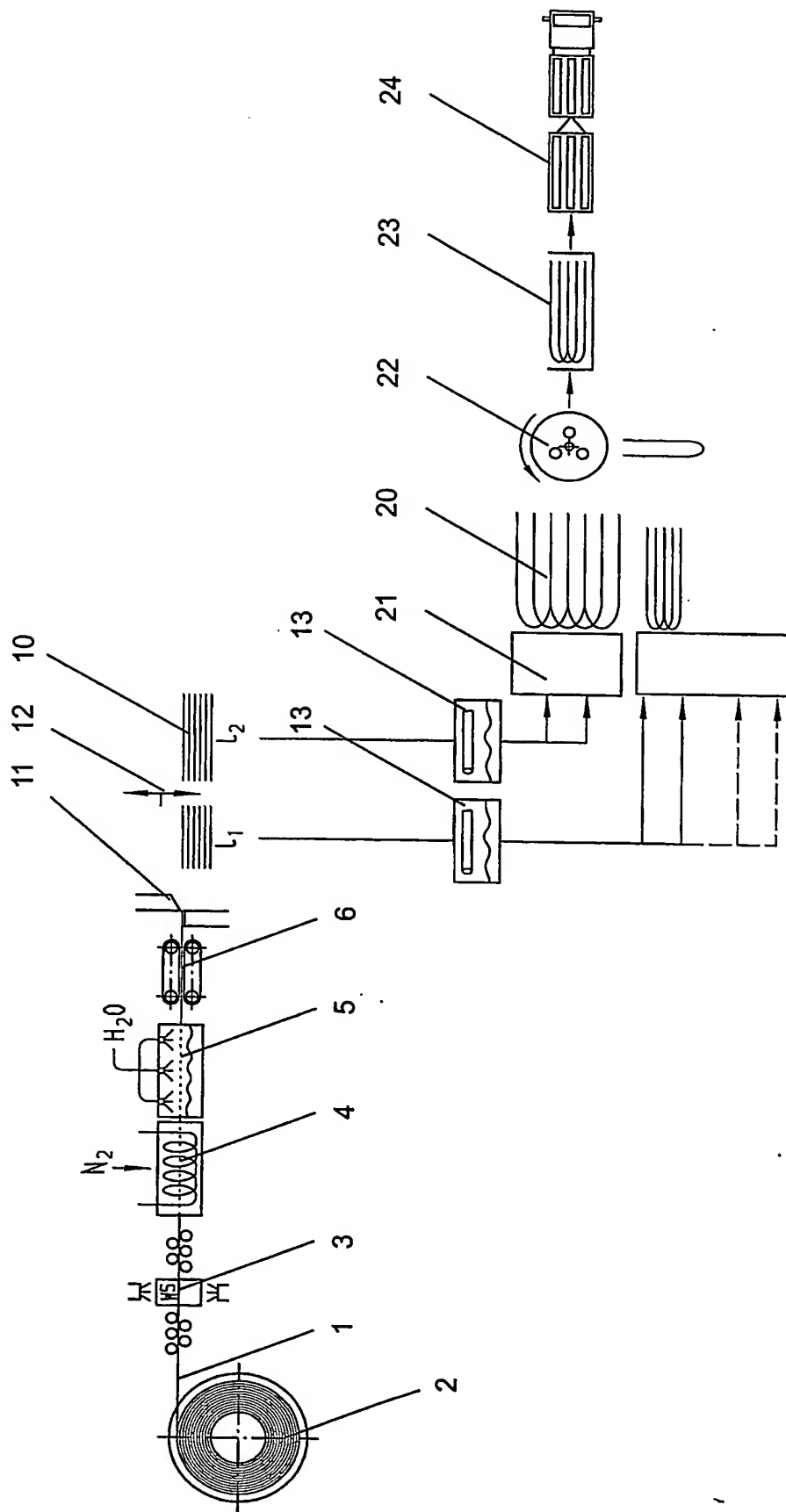


Fig. 2

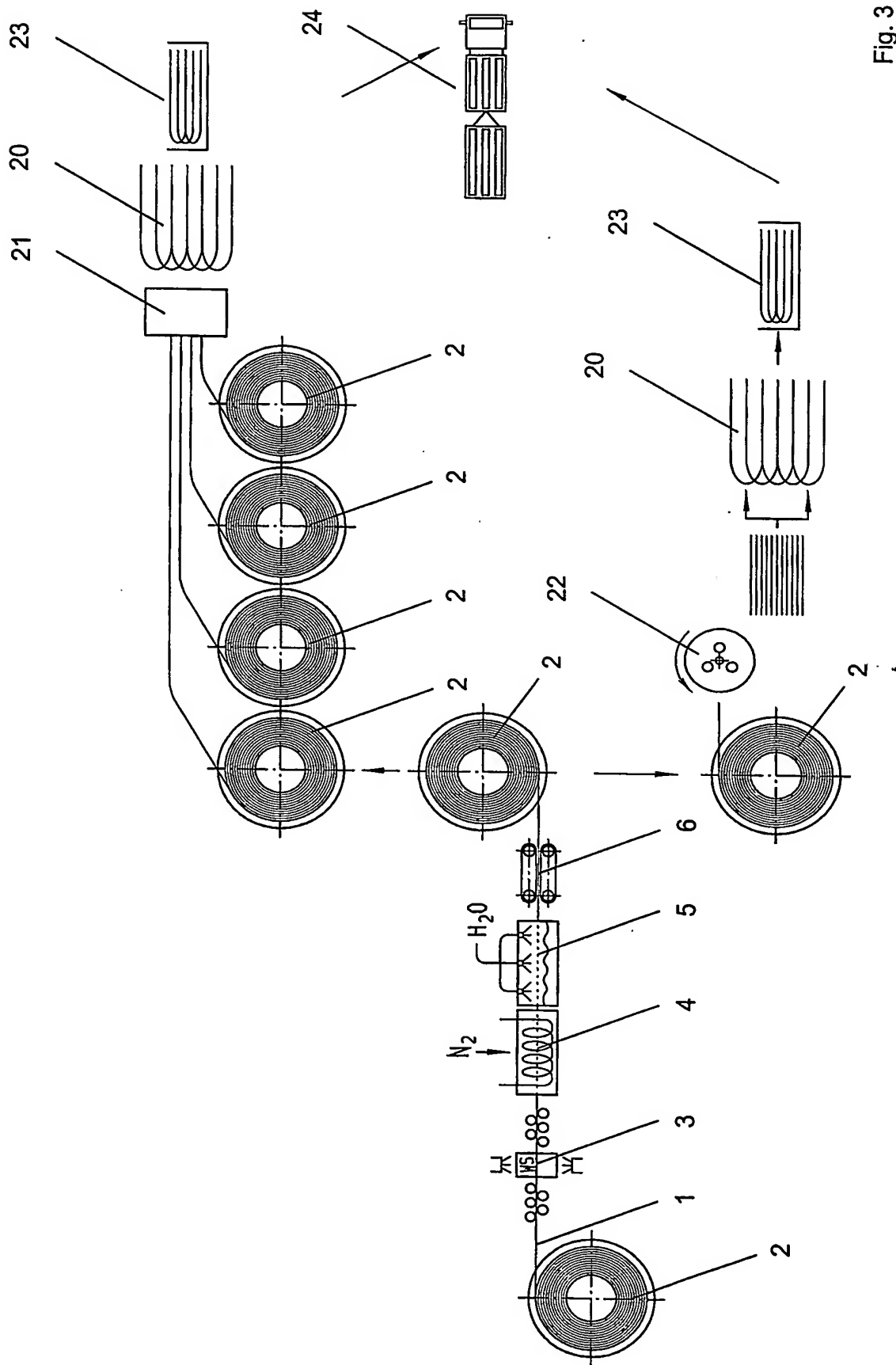


Fig. 3

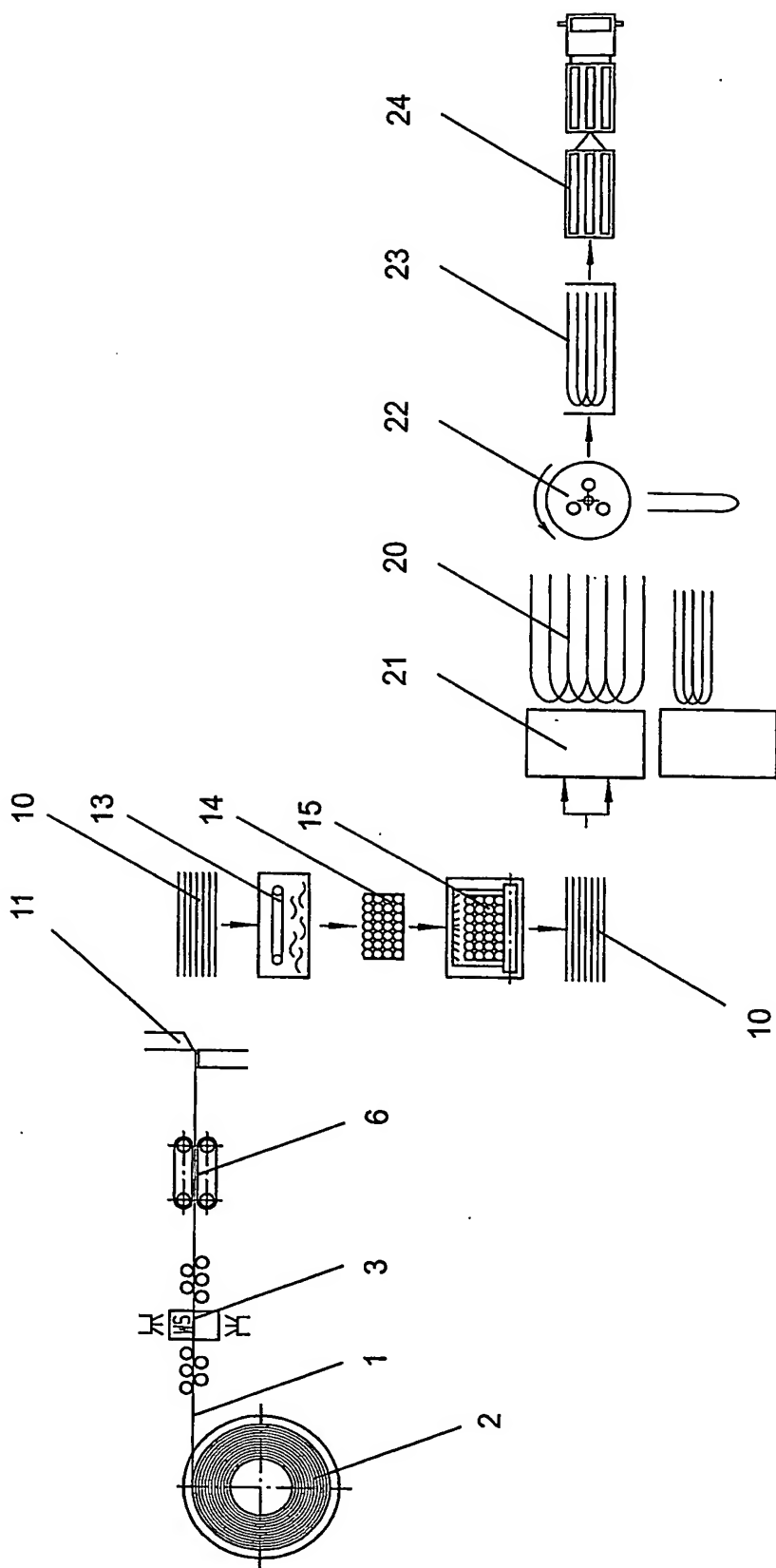


Fig. 4

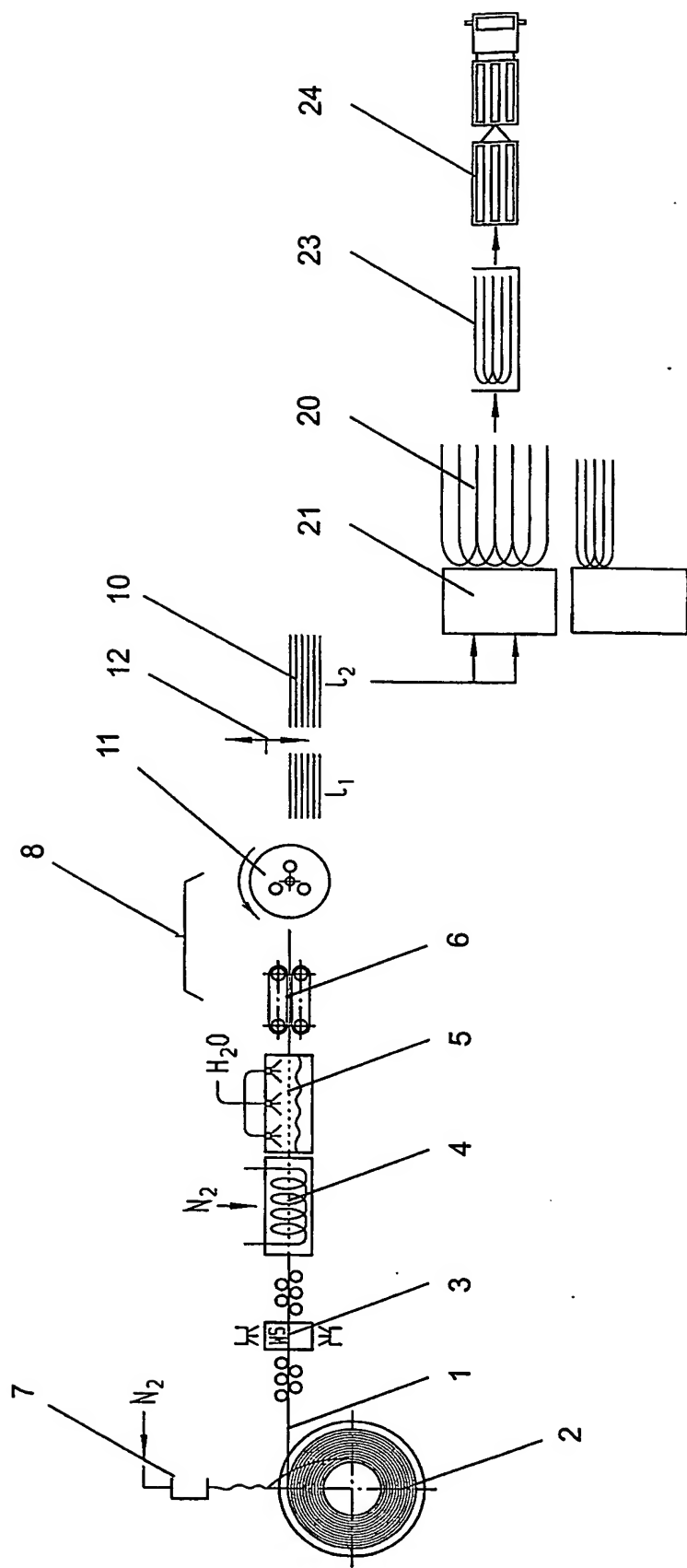


Fig. 5



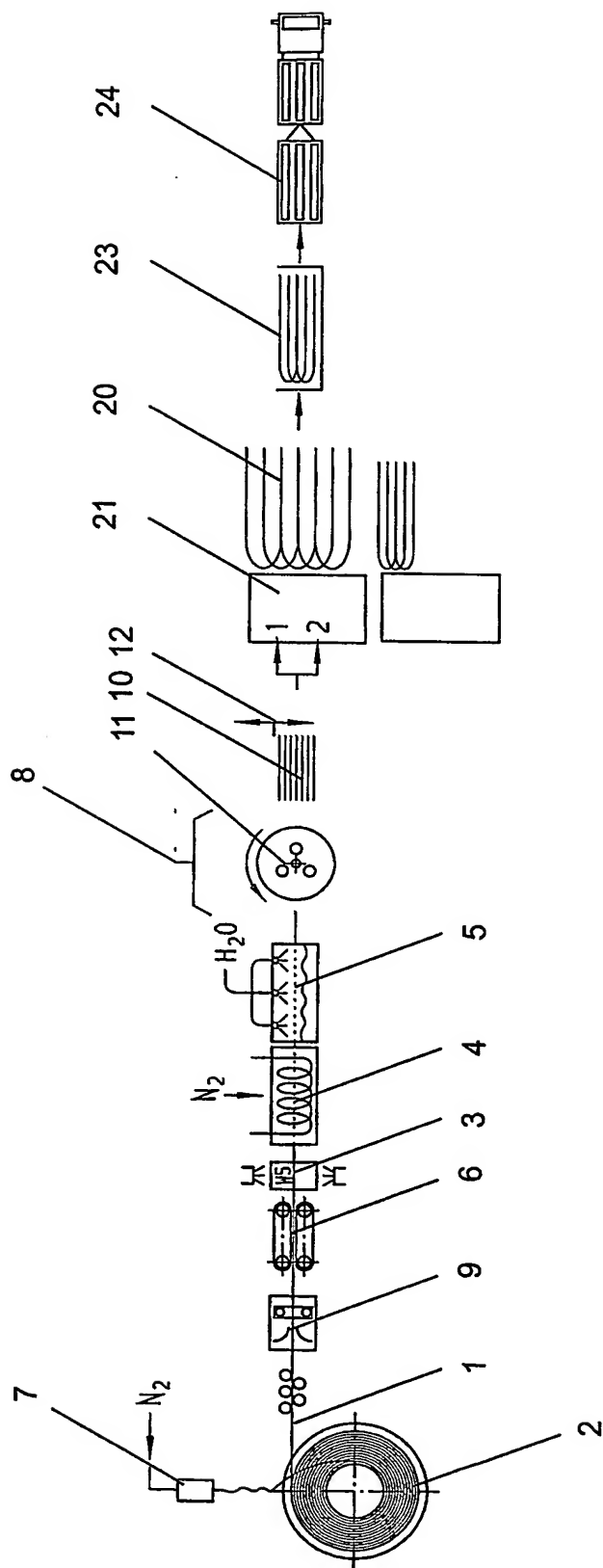


Fig. 6

## **Z u s a m m e n f a s s u n g**

### **Verfahren zur rationellen Fertigung von U-förmig gebogenen Wärmetauscherrohren**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren (Haarnadelrohren) aus einem Nichteisenmetall im unmittelbaren Anschluss an eine Rohrfertigungslinie.

Dazu wird erfindungsgemäß ein Verfahren zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren aus einem Nichteisenmetall im unmittelbaren Anschluss an eine Rohrfertigungslinie gelöst durch die aufeinanderfolgenden Schritte:

- a) Abspulen des Rohrziehgutes aus einer Korbhaspel,
- b) Richten des Rohrziehgutes,
- c) Glühen und nachfolgendes Kühlen des Rohrziehgutes vor oder nach einem Ablängen zur Vereinzelung in Rohrabschnitte auf die Ausgangslänge für ein U-förmig gebogenes Rohr,
- d) Biegen der Rohrabschnitte in U-Form.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Fertigungslinie zum Herstellen von U-förmig gebogenen Rohren.

Fig. 1

